

## ACTUATOR AND CONVERTER

**Patent number:** JP2000201471  
**Publication date:** 2000-07-18  
**Inventor:** LOOPSTRA ERIK ROELOF  
**Applicant:** ASM LITHOGRAPHY BV  
**Classification:**  
 - **international:** H02K41/02; G03F7/20; H01J37/305; H01L21/027;  
 H01L21/68; H02N15/00  
 - **europen:**  
**Application number:** JP19990317171 19991108  
**Priority number(s):**

Also published as:

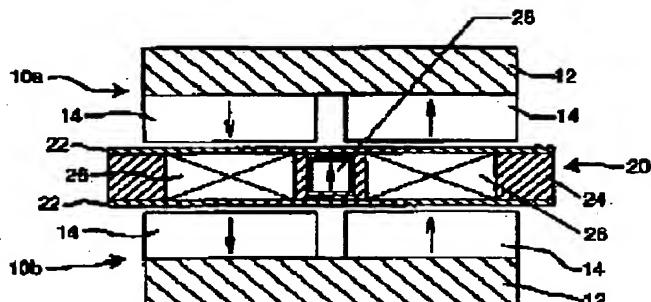
 US6710353 (B1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of JP2000201471**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an actuator which can be used for high accuracy positioning of a mask and a substrate in a lithography equipment and which generates bias force for supporting the weight of components without dissipating heat and which has a large compliance.

**SOLUTION:** This actuator comprises magnet yokes 10a, 10b, each having at least one permanent magnet 14, and a carrier member 20 disposed in a magnetic field generated by the magnet and movable with respect to the magnet yokes. The carrier member 20 has an auxiliary magnetic member 28 which generates relative bias force between the magnet yokes 10a, 10b and itself. This bias force can be used as a force for supporting the weight of the components so as to be served as a bearing having a very large compliance. The carrier member 20 also has coils 26 which generate Lorentz's force when the current flows, which makes better control over this actuator.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-201471

(P2000-201471A)

(43)公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 02 K 41/02  
G 03 F 7/20  
H 01 J 37/305  
H 01 L 21/027  
21/68

識別記号  
5 2 1

F I  
H 02 K 41/02  
C 03 F 7/20  
H 01 J 37/305  
H 01 L 21/68  
H 02 N 15/00

マーク(参考)

Z

5 2 1

B

K

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全12頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-317171

(22)出願日 平成11年11月8日 (1999.11.8)

(31)優先権主張番号 98203780.6

(32)優先日 平成10年11月10日 (1998.11.10)

(33)優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71)出願人 599043866

エイエスエム リソグラフィー ベスローテン フエンノートシャップ  
オランダ国フェルトホーフェン, デルン 1110

(72)発明者 エリク ロエロフ, ローブストラ  
オランダ国, ヘーゼ, アトラス 7

(74)代理人 100066692

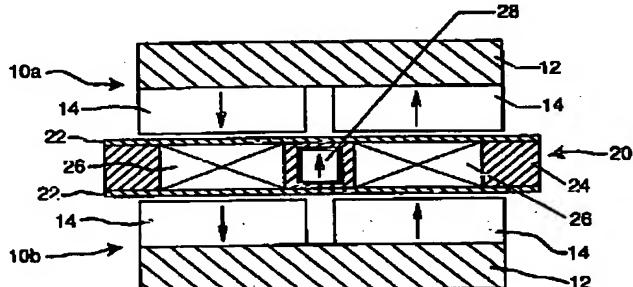
弁理士 浅村 崇 (外3名)

(54)【発明の名称】 アクチュエータおよび変換器

(57)【要約】

【課題】 リソグラフィー装置のマスクと基板の高精度の配置に使用するような、部品の重量を支持するためのバイアス力を熱放散なく出し、且つ非常に大きなコンプライアンスのアクチュエータを提供すること。

【解決手段】 このアクチュエータは、少なくとも一つの永久磁石14を有する磁石ヨーク10a、10b、およびこの磁石が生ずる磁界の中に配置し且つこの磁石ヨークに対して動き得る担体部材20を含む。この担体部材20は、それと磁石ヨーク10a、10bの間に相対バイアス力を生ずる補助磁性部材28を有する。このバイアス力を、それが非常に大きなコンプライアンスの軸受として作用するように、部品の重量を支持するために使うことができる。担体部材20は、電流を流してローレンツ力を生じるコイル26も含み、このアクチュエータの更なる制御ができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 装置であって：少なくとも一つの主磁石（14）を含む第1部材（10a）、および上記主磁石（14）と電磁相互作用するために、電流を通すための少なくとも一つの電流要素（26）を含む第2部材（20）、を含む装置に於いて、上記第2部材（20）が、更に、上記主磁石の磁界と相互作用して上記第1部材（10a）と第2部材（20）の間にバイアス力を生ずる補助磁性部材（28）を含むことを特徴とする装置。

【請求項2】 請求項1による装置に於いて、上記第1部材（10a）および第2部材（20）が実質的に平面であることを特徴とする装置。

【請求項3】 請求項1による装置に於いて、上記第1部材（10a）および第2部材（20）が実質的に円筒形または管状であることを特徴とする装置。

【請求項4】 請求項1から請求項3のいずれか一項による装置に於いて、上記主磁石（14）を上記バイアス力と実質的に垂直方向に磁化したことを特徴とする装置。

【請求項5】 請求項1から請求項3のいずれか一項による装置に於いて、上記主磁石（14）を上記バイアス力と実質的に平行方向に磁化したことを特徴とする装置。

【請求項6】 請求項1から請求項5の何れか一項による装置に於いて、更に、少なくとも一つの更なる主磁石（14）を含む第3部材（10b）を含むことを特徴とする装置。

【請求項7】 請求項1から請求項6の何れか一項による装置に於いて、上記電流要素（26）がコイルであることを特徴とする装置。

【請求項8】 請求項7による装置に於いて、上記補助磁性部材（28）が上記コイル（26）の二つの半分の間の実質的に中央にある平面に位置することを特徴とする装置。

【請求項9】 請求項1から請求項8の何れか一項による装置に於いて、この装置の有効剛性の大きさが200N/m以下であることを特徴とする装置。

【請求項10】 請求項1から請求項9の何れか一項による装置に於いて、それが上記電流要素（26）に電流が流れると上記第1部材（10a）と第2部材（20）の間に制御可能な相対力を誘起するアクチュエータであることを特徴とする装置。

【請求項11】 請求項1から請求項9の何れか一項による装置に於いて、それが上記第1部材（10a）と第2部材（20）の間の速度差を上記電流要素（26）に誘起した起電力（EMF）によって検知できる変換器であることを特徴とする装置。

【請求項12】 請求項1から請求項11の何れか一項による装置であって、互いに堅く結合した二つの第2部材（20）を含み、それらの部材（20）を、使用中

に、各々に相反する寄生トルクが発生し、それによってそれらを相殺するように配置した装置。

【請求項13】 リソグラフィー投影装置であって：放射線の投影ビームを供給するための放射システム；マスクを保持するためのマスクホルダを備えるマスクテーブル；基板を保持するための基板ホルダを備える基板テーブル；マスクの照射した部分を基板の目標部分上に結像するための投影システム；を含む装置に於いて、更に、上記マスクテーブルと基板テーブルの少なくとも一つに結合した、請求項1から請求項12の何れか一項による装置を含むことを特徴とする装置。

【請求項14】 装置製造方法であって：少なくとも部分的に放射線感応材料の層によって覆われた基板を用意する工程；パターンを含むマスクを用意する工程；放射線の投影ビームを使って該マスクパターンの少なくとも一部のイメージを上記放射線感応材料の層の目標領域上に投影する工程；を含む方法で：放射線の投影ビームを供給するための放射システム；上記マスクを保持するための可動マスクテーブル；上記基板を保持するための可動基板テーブル；上記マスクの上記部分を該基板の上記目標部分上に結像するための投影システム；を含む装置を使用する方法に於いて、上記マスクテーブルと基板テーブルの少なくとも一つを、請求項1から請求項12の何れか一項で請求する装置を含むアクチュエータを使って、上記投影システムに対して配置することを特徴とする方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ローレンツ・アクチュエータ（Lorentz actuator）のようないわゆるアクチュエータに関し、および速度変換器にも関する。

【0002】本発明は、リソグラフィー投影装置であって：放射線の投影ビームを供給するための放射システム；マスクを保持するためのマスクホルダを備えるマスクテーブル；基板を保持するための基板ホルダを備える基板テーブル；マスクの照射した部分を基板の目標部分上に結像するための投影システム；を含み、更に、該マスクテーブルおよび基板テーブルの少なくとも一つに結合したローレンツ・アクチュエータを含む投影装置にも関する。

## 【0003】

【従来の技術】ローレンツ・アクチュエータは、磁界を作る永久磁石、およびこの磁界の中に配置した電流要素を含む。それらは、電気モータと同じ原理に基づいて作動し、即ち、磁界を通過する荷電担体がローレンツ力として知られる、それらの速度および磁界と相互に垂直な力を受ける。この力は、 $J \times B$ によって与えられ、但し、Jはこれらの荷電担体の速度から生ずる電流ベクトルであり、Bは磁界ベクトルである。このローレンツ力

を使ってアクチュエータの可動部品間に運動を誘起し、またはバイアス力を生ずる。

【0004】リソグラフィー投影装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に使うことができる。そのような場合、マスク（レチクル）がこのICの個々の層に対応する回路パターンを含んでもよく、次にこのパターンを感光材料（レジスト）の層で覆った基板（シリコンウェーハ）上の目標領域（ダイ）上に結像することができる。一般的に、单一ウェーハが隣接するダイの全ネットワークを含み、それを、一度に一つずつ、このレチクルを通して逐次照射する。ある種のリソグラフィー投影装置では、各ダイを、全レチクルパターンをこのダイ上に一度に露出することによって照射し；そのような装置を普通ウェーハステッパーと称する。代替装置では、各ダイを、投影ビームをレチクルパターン上に逐次走査し、それによって対応するイメージをこのダイ上に走査することによって照射し；そのような装置をステップ・アンド・スキャン装置と称する。これらの装置のどちらもマスクと基板の高度に正確な相対配置を必要とし、それを一般的には少なくとも一つのローレンツ・アクチュエータを使って達成する。これらの装置に関する更なる情報は、国際特許出願WO97/33204から収集することができる。

【0005】極最近まで、この種の装置は、单一マスクテーブルおよび单一基板テーブルを含んでいた。しかし、少なくとも二つの独立に動き得る基板テーブルがある機械が今や利用可能になった；例えば、国際特許出願WO98/28665およびWO98/40791に記載されている多段装置参照。そのような多段装置の背後の基本作動原理は、第1基板テーブルがそのテーブル上有にある第1基板の露出を可能にするように投影システムの下にある間に、第2基板テーブルが載荷位置へ動き、露出した基板を排出し、新しい基板を取上げ、この新しい基板上で幾らかの初期整列測定を行い、および次に第1基板の露出が完了するとすぐこの新しい基板を投影システムの下の露出位置へ移すために待機し、それからこのサイクルを繰返して行い；この様にして機械のスループット（一定時間内の原料処理量）をかなり増すことが可能であり、それが今度はこの機械の所有経費を改善する。

【0006】現在利用できるリソグラフィー装置では、使用する放射線が一般的に紫外線（UV）光であり、それは、例えば、エキシマレーザまたは水銀灯から得ることができ；そのような装置の多くは365nmまたは248nmの波長を有するUV光を使う。しかし、急速に発展する電子業界は、常に高い解像度を達成できるリソグラフィー装置を絶えず要求し、これがこの業界を更に短い波長の放射線、特に193nmまたは157nmの波長のUV光の方へ向わせる。この点の先に、極UV光（EUV：波長50nm以下、例えば、13.4nmま

たは11nm）、X線、イオンビームまたは電子ビームの使用を含む幾つかの可能性あるシナリオがある。

【0007】ローレンツ・アクチュエータの一つの問題は、電流が流れないと、可動部品間に力がないことである。これを克服するために電流を流すとき、この装置に熱放散を生ずる結果となる。これは、アクチュエータに、例えば、重力下の部品の重量を支持するために、バイアス力を出すことを要求する用途では特に問題である。この重量を補償する絶え間のない要求では、基礎電力浪費が避けられず、正確な整列を必要とする光学装置のような、熱に敏感な装置に問題を生ずることがあり；他方、追加の冷却力を必要とする。

【0008】もう一つの問題は、そのようなアクチュエータが隔離軸受として作用するために荷重を支持するとき、この軸受の剛性が振動の伝達を避けるように低くあるべきことである。従来、そのような低剛性の隔離軸受を用意することは困難であった。

【0009】速度変換器も、磁界を通る部品の運動が、測定できる電流の流れまたは結果として生ずる起電力を誘起するという事実のために、ローレンツの原理に基づいて作動することができる。非常に低い振動数までの速度を測定するためには、共振振動数が非常に低い変換器を有することが必要であり、それは従来達成困難であった。これは、非常に低剛性の変換器の生産に問題があるからである。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記の問題の幾つかを、少なくとも部分的に、軽減することである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】従って、本発明は、装置であって：少なくとも一つの主磁石を含む第1部材、および上記主磁石と電磁相互作用するために、電流を通すための少なくとも一つの電流要素を含む第2部材、を含む装置に於いて、上記第2部材が、更に、上記主磁石の磁界と相互作用して上記第1部材と第2部材の間にバイアス力を生ずる補助磁性部材を含むことを特徴とする装置を提供する。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】補助磁性部材は、永久磁石でもよい。その代りに、それが強磁性材料（例えば、軟鉄部材）を含むことができる。後者の場合、この電流要素／補助磁性部材の運動の行程が、補助磁性部材が全組立体の中心線の片側に片寄せられたままであるように、比較的小さい限り（例えば、短行程リソグラフィー・アクチュエータでの応用の場合に一般的であるように）、補助磁性部材の強磁性材料を通過する磁束が所望の方向にバイアス力成分を生じ；永久磁性材料の場合に生ずるより小さいが、この力で特定の用途には完全に十分だろう。

#### 【0013】

本発明による装置は、実質的に平面または

円筒形であることができ、主磁石は、バイアス力と垂直または平行に磁化できる。

【0014】本装置は、更に、少なくとも一つの更なる主磁石も含む、第3部材を含むのが好ましい。

【0015】電流要素は、コイルでもよく、補助磁性部材は、該コイルの二つの半分の間の実質的に中央にある平面に位置するのが好ましい。

【0016】本装置の有効剛性の大きさは、200N/m以下、理想的にはゼロに近いのが有利である。

【0017】本装置は、アクチュエータおよび/または速度変換器として使うことができる。

【0018】本装置は、互いに堅く結合した二つの第2部材を含み、それらの部材を、各々に相反する寄生トルクが発生し、それによってそれらを相殺するように配置することができる。

【0019】都合よく、本発明のアクチュエータおよび/または変換器は、リソグラフィー投影装置に使うことができる。そのような用途でのこの発明の大きな利点は、それが、例えば、ウェーハ段階またはレチクル段階でテーブル(チャック)の重量を打消すバイアス力を提供するが、それを電流の流れに関連する熱放散なしに行い、それで都合良く定められた、一定の局部温度を維持する助けをすることである。これは、そのような装置に普通要求されるナノメータの精度は、不必要な熱および/または汚染(例えば、蒸発またはガス放出の結果としての)源が非常に望ましくない、高度に管理された環境でしか達成できないので、重要である。そのような考慮は、真空環境では特に重要で、それを背景に、EUV、電子ビーム、イオンビーム、157nmUV、126nmUV等のような種類の放射線と共に使用されるリソグラフィー装置は、装置内の放射線経路の少なくとも一部に沿って真空を含む可能性が最も高いことに注目すべきである。

【0020】本発明によるリソグラフィー投影装置を使う製造プロセスでは、マスクの中のパターンを少なくとも部分的にエネルギー感応材料(レジスト)の層によって覆われた基板上に結像する。この結像工程の前に、基板が、下塗り、レジスト塗布およびソフトベーク(soft bake)のような、種々の処理を受けてもよい。露出後、基板が、露出後ベーク(PEB)、現像、ハードベークおよび結像した形態の測定/検査のよう、他の処理を受けてもよい。この処理列は、デバイス、例えば、ICの個々の層をパターン化するための基礎として使用する。次に、そのようなパターン化した層は、エッチング、イオン注入(ドーピング)、メタライゼーション、酸化処理、化学・機械的研磨等のよう、全て個々の層を仕上げることを意図した種々の処理を受けてもよい。もし、幾つかの層が必要ならば、全処理、またはその変形を各新しい層に繰返さねばならないだろう。結局は、デバイスの列が基板(ウェーハ)上に

存在するだろう。次に、これらのデバイスをダイシングまたは鋸引きのような技術によって互いから分離し、そこから個々のデバイスを担体上に取付け、ピンに接続すること等ができる。そのようなプロセスに関する更なる情報は、例えば、ピータ・ヴァン・ザント著、“マイクロチップ製作：半導体処理への実用ガイド”、第3版、マグロウヒル出版社、1997、ISBN0-07-067250-4という本から得ることができる。

【0021】上では本発明による装置のIC製造に於ける使用を特別に参照したが、そのような装置は、多くの他の可能性ある用途があることをはっきり理解すべきである。例えば、それを集積光学システム、磁気ドメインメモリ用案内および検出パターン、液晶ディスプレーパネル、薄膜磁気ヘッド等の製造に使ってもよい。当業者には、そのような代替用途の関係では、この本文での“レチクル”、“ウェーハ”または“ダイ”という用語のあらゆる使用を、それぞれ、より一般的な用語“マスク”、“基板”および“目標領域”によって置換えられると考えるべきことが分るだろう。

【0022】

【実施例】さて、本発明の実施例を、例としてだけ、添付の概略図を参照して説明する。これらの図で、相応する部分は、相応する参照記号を使って示す。

【0023】

【実施例1】図1は、本発明の第1実施例による線形ローレンツ・アクチュエータの構成を示す。それは、上部材10aおよび下部材10bを有する磁石ヨークを含む。各部材は、主磁石14を支持する背鉄12を含む。各主磁石は、永久磁石で、それは、例えば、強磁性体を含んでもよい。各主磁石14の磁化方向を矢印で示す。各部材10a、10bは、1対の磁石14を含み、それでこの磁石ヨークには全部で四つの磁石がある。

【0024】上磁石ヨーク部材10aと下磁石ヨーク部材10bの間にあるのは、カバープレート22、コイル担体24および二つの半コイル26を含む担体部材20である。これらの半コイルは、一つの完全なコイル回路を形成し、この図面に垂直な電流を通し、半コイルの一つが他の半分と反対方向の電流を通すように設えられている。担体部材20の中央に、補助磁性部材28がある。この特別な場合では、補助磁性部材28も永久磁石であり、例えば主磁石14と同じ材料で作ることができる。この補助磁性部材28の磁化方向は、その矢印で示す。

【0025】担体部材20は、磁石ヨーク10a、10bに対して可動である。図1に示す構成では、主磁石14と補助磁性部材28の間の相互作用が担体部材20をこの磁石ヨークに対して右にバイアスする力を生ずる。このバイアス力は、これらの半コイルに電流が流れないとときでも存在する。このコイル回路にある方向に電流が流れるととき、右への追加の力(ローレンツ力)がこの担

体部材20に生ずる。このコイル回路に反対方向の電流が流れるととき、左へのローレンツ力が担体部材20に生ずる。担体部材20への正味力は、この補助磁性部材の存在によるバイアス力とコイル電流によって生ずるローレンツ力とに依る。

【0026】担体部材20がヨーク内で変位すると、垂直方向の力が、およびトルク（主として図1の面に垂直な軸周りの）も生ずる。これらは、この装置の作用に有用でないので、一般的に寄生的な力およびトルクと称し、一般的にそれらを補償しなければならない。

【0027】ローレンツ・アクチュエータまたは変換器も、与えられた電流レベルに対する、称呼（nominata）動作位置、典型的には中心位置、からの単位変位当たりの力の変化によって与えられる有効剛性を有する。この剛性も、特定の用途に対して、アクチュエータは理想的にはゼロまたは最小剛性で一定の力を加えるべきであるので、寄生剛性と称する。

【0028】有限要素法計算を行って、図1に示す種類のアクチュエータの動作性能についてのデータを得た。添付の表（図7～14）で、図1の面に横および縦の方向を、それぞれ、XおよびY方向と称する。図1の面に垂直な方向は、Z方向である。この装置は、図1に示すように、均一な断面を有してZ方向に伸びると考える。この装置の磁界分布の非線形計算をしてから、磁石ヨーク10に対する担体20上の力およびトルクを、担体20を含む輪郭に沿うマクスウェル応力の積分によって計算する。計算した力およびトルクは、Z方向の単位長さ当たりである。ここで考えるような典型的装置は、Z方向の長さが80mmで、この数字を使って実際の装置の力、トルクおよび有効剛性の値を得ることができる。

【0029】以下にこの装置の三つの異なる例を議論するが、それらの間の違いは補助磁性部材28の寸法だけで、Lは、X方向の長さ、およびHは、Y方向の高さを、共にmmで表す。例1で、補助磁性部材28の寸法（L=10、H=8）は、図1に示す装置と違って、半コイル（L=18、H=8）の間の利用できる空間を全て埋めるようになっている。例2では、補助磁性部材28（L=10、H=2）がY方向に比較的薄く、ところが例3では、補助磁性部材28（L=2、H=8）がX方向に比較的狭い。全ての例で、主磁石14（L=24、H=8）は、ネオジム・鉄・硼素合金RES275から成り、背鉄12（L=52、H=10）は、標準強磁性鉄NO41から成る。他に指示する場合を除いて、補助磁性部材28もRES275から成る。半コイル26の電流密度は、10A/mm<sup>2</sup>であった。

【0030】【例1】図7の表は、四つの異なる試験条件に対する、担体部材20に働く水平力（fx）、垂直力（fy）、およびZ方向の軸周りのトルク（tz）の計算結果を示すが、全て装置の寸法は、上に例1用（L=10、H=8）として指定する通である。これら四つ

の試運転の各々に対し、担体部材20は、この磁石ヨークに関して中央に位置する、その正常位置に保った。fxおよびfyの値は、Z方向のmm当たりの、Nにより、tzの値は、Nmによる。

【0031】試験1および2は、補助磁性部材28としてRES275級の磁石を使い；試験1は、これらの半コイルに電流を流さず、試験2は、10A/mm<sup>2</sup>の電流密度で行った。試験3は、補助磁性部材28をセラミック材料級に落し、試験4は、補助磁性部材なしの対照標準である。

【0032】第1、第3および第4試験は、補助磁性部材28だけ、コイル26だけ、および補助磁性部材28とコイル26の組合せによってX方向に生ずる力を示す。この例では、半コイルの間の利用できる空間を全てRES275級の磁石で埋め、バイアス力が非常に大きく—10A/mm<sup>2</sup>を通すコイルによって発生する力の約4倍—屢々必要であるより実際に大きい。セラミック材料級補助磁性部材では、バイアス力が電流によって発生する力と大体等しい程減るが、この補助磁性部材が主磁石によってその断面積の約30%を超えて局部的に不可逆的に消磁される。

【0033】補助磁性部材28から主磁石14への磁気結合による剛性を決めるために、担体部材20の位置を変えた、更なる試験を行った。永久磁石効果を分離するために、コイル電流を0A/mm<sup>2</sup>に保った。図8の表は、担体部材20の種々のX変位（ $\Delta x$ ）およびY変位（ $\Delta y$ ）に対するfx、fyおよびtzを示す（ $\Delta x$ および $\Delta y$ はmmで）。これらの結果から、図9の表に示すように、 $\Delta x$ および $\Delta y$ の関数としてXおよびY方向の力の示差変化（differential change）（ $\Delta fx$ 、 $\Delta fy$ ）を計算することが可能である（ $\Delta fx$ 、 $\Delta fy$ は、Z方向のmm当たり、N/mで）。

【0034】典型的アクチュエータは、Z方向の長さが80mmで、それは実際の装置に対して次の等価剛性を与える：即ち、X方向に $5.9 \times 10^3$ N/mおよびY方向に $-1.2 \times 10^4$ N/m。アクチュエータのこれらの等価剛性を引用するとき使う記号規約は、以下の理由により図7から図14の表で使うものと異なる。単純な機械的ばねに対しては、一方向の変位が反対方向に力を生ずる；しかし、ばねの剛性を正の値として引用するのが慣例である。一方向の変位がその方向の力を増すような、ばねに反対の挙動を示すような装置は、慣例上負の剛性を有するとして引用する（変位と力の両方が同じ方向に変化するので、表にはこれらを正の値として表すが）。

【0035】【例2】図10および図11の表は、それらが上に例2（L=10、H=2）用として指定する寸法を有する装置に属することを除いて、それぞれ、図8および図9のものに対応する。補助磁性部材の体積が小さいので、力の大きさは、明らかに小さい。80mmの

アクチュエータに対する等価剛性は、X方向に $2.4 \times 10^3 \text{ N/m}$ およびY方向に $-2.0 \times 10^4 \text{ N/m}$ である。

【0036】[例3] 図12および図13の表は、それらが上に例3 ( $L=2, H=8$ ) 用として指定する寸法を有する装置に属することを除いて、それぞれ、図8および図9のものに対応する。80mmのアクチュエータに対する等価剛性は: X方向に $1.4 \times 10^4 \text{ N/m}$ およびY方向に $-2.9 \times 10^4 \text{ N/m}$ である。

【0037】上記の結果全てから、例2および例3で補助磁性部材によって生ずるバイアス力が $10 \text{ A/mm}^2$ の電流密度によって生ずるローレンツ力と大体同じであり; それで電流の方向に依って、電流密度を $-10 \text{ A/mm}^2$ と $+10 \text{ A/mm}^2$  (この記号は、電流の方向または“向き”を示す) の間で変えることによって、総合力を約ゼロからゼロ電流に対するバイアス力の大体2倍まで変えられることが明らかである。例2および例3の両方で、補助磁性部材の大きさは、コイルの中央で利用できる空間よりかなり小さい。

【0038】これらの例での寄生剛性は、約 $10^3 \text{ N/m}$ から $10^4 \text{ N/m}$ まで変動する。80mmの装置に対する寄生トルクは、例1のように、フルサイズの補助磁性部材に対して約 $0.6 \text{ Nm}$ であり、例2および例3に対して約 $0.12 \text{ Nm}$ である。Yの最大変位でのこの寄生トルクは、一例え、互いに堅く結合した二つの担体部材を使い、作動方向に変位するとき、相反する寄生トルクを発生してそれらを相殺することによって一補償できる。

【0039】[実施例2] 図2(a)および図2(b)は、この発明の第2実施例を示す。図2(a)は、この装置の半分を通る断面を示し、それは端の向きを変えた図1の装置と本質的に似ている。この実施例の装置は、円筒形の形状を有し、図2(a)を軸40の周りに回転して図2(b)に示す装置を得る。図2(b)では、明確さのために担体部材20を省略したが、それがある管状領域を42で示す。

【0040】図2から分るように、主および補助磁性部材は、半径方向に磁化したリングである。これらの磁石は、ごく普通に入手できるが、特に異方性磁性材料を使うとき、平らな磁石より製作および磁化が困難である。

【0041】[実施例3] もう一つの円筒形構成を、図3に示すこの発明の第3実施例によって意図する。図2(a)のように、装置の半分だけを半径方向断面で示し、完全な装置は、この図の軸40周りに回転させることにより得られる。この実施例では、単一主磁石14を設け、それを軸方向に磁化し、従って、製造が実施例2より幾らか簡単である。補助磁性部材28は、まだリング状で、第2実施例と実質的に同じである。図3に示すように、磁気回路は、磁石ヨークを作るために背鉄片12を使って確立する。半コイル26をこの磁気回路の隙

間に配置する。

【0042】[実施例4] 半径方向に磁化した主磁石を有する、図2に示すような装置を“タイプI”と称し、軸方向に磁化した主磁石を有する、図3に示すような装置を“タイプII”と称する。図2および図3の両方の主磁石14および補助磁性部材28の磁化方向から、担体部材20が各図の上端に向う軸方向にバイアス力を受けることは明らかだろう。それで、これらの装置は、重力下の荷重を支承するような、軸方向荷重を支持するために有用である(軸を垂直方向に向けて配置したとき)。タイプIの装置では、主磁石14の磁化方向がこのバイアス力に垂直である。タイプIIの装置では、主磁石14の磁化方向がこのバイアス力に平行である。

【0043】図1に示すこの発明の第1実施例による装置の平面または線形の構成は、磁石が單一方向に磁化した、矩形側面を持つ固体物であるので、それらの製造が容易であるという利点を有する。しかし、コイルの製造およびコイル担体部材20の案内が比較的難しいことがある。図2および図3に示す、実施例2および3の円筒形構成は、単純な円形コイルを有し、コイル案内により良い可能性をもたらす。平面構成か円筒形構成かの選択は、特定の用途およびこれらの考慮事項間のトレードオフ(trade-off/取引)に依るだろう。

【0044】図4(a)および図4(b)は、この発明の第2および第3実施例の装置のための例示寸法(mmでの)を示す。有限要素法解析を行い、これらの寸法の装置の性能を計算した。これらの装置が全て軸対称であり、それが計算を容易化することは明らかである。タイプIおよびタイプIIの構成について多数の変形を考慮した。図5(a)から図5(g)は、タイプIの装置を示し、図6(a)および図6(b)は、タイプIIの装置を示す。各図は、左側にこの装置の部品の構成を、右側に、以下に説明する結果のグラフを示す。図5(a)に示す装置は、図2および図4(a)に示す、この発明の第2実施例に対応する。図6(a)の装置は、図3および図4(b)に示す、この発明の第3実施例に対応する。更なる実施例の部品の寸法は、図5(b)から図5(g)を図5(a)と同じ尺度で、図6(b)を図6(a)と同じ尺度で描いたという事実から導き出せる。

【0045】各実施例に対し、マクスウェルの応力線積分を使って、担体部材20(コイル26に加え補助磁性部材28)上の力を計算した。コイルは、 $10 \text{ A/mm}^2$ の電流密度を有すると考え、コイルの体積全体に亘って $J \times B$ を積分することによってローレンツ力を計算する。担体部材20がその中央称呼位置にあるときの総合力( $F_T$ )、ローレンツ力( $F_L$ )および補助力( $F_A$ ) (即ち、補助磁性部材28によるバイアス力)を図14の表に示す; 力値は全てNである。パラメータTの欄は、試験した装置がタイプIであるかタイプIIであるかを示す。

【0046】担体部材20を上および下の両軸方向に0.5と1.0mmだけ変位して、総合軸方向力の更なる計算を行った。正の力と正の変位が同じ方向であるよう、一貫した規約を使った。全ての力および変位は、勿論、本質的に担体部材20と磁石ヨーク10の間の相対力および相対変位である。

【0047】図5および図6に付随するグラフは、X軸に沿ってmで相対軸方向変位を、およびY軸に沿ってNで総合軸方向力を表す。-1.0、-0.5、0、0.5、および1.0mmの変位に対する総合軸方向力を五つの丸で示す。各グラフの点線は、これらの点に対する計算した適合度曲線である。タイプIの装置は、少なくとも2次の力対変位曲線を有する。タイプIIの装置は、1次（線形）の力対変位関数を有する。

【0048】各グラフで、実線は、ゼロ変位、称呼位置での力対変位曲線の勾配を示す。この線の勾配は、この装置の有効剛性、即ち、変位による力の示差変化（differential change）を示す。図5(a)から図5(g)で分るように、タイプIの装置の勾配は負で；従ってこれらは、一方向の変位が反対方向に力の変化を生ずる点で、機械的ばねと同じ剛性を有する。対照的に、タイプIIのアクチュエータは、正の勾配を有し、それで機械的ばねと同じ挙動はせず、負の等価剛性を有する。

【0049】軸方向有効剛性値Sを図14の最後の欄に（kN/mで）示す。タイプIIの装置が負の剛性を有するという事実は、担体部材を磁石ヨークに対して上向き軸方向に変位するとき、この担体部材20上の上向き力が増すことを意味する。これは、バイアス力（補助力）がある装置の重量を補償するとき、安定平衡位置がないことを意味する。しかし、これは、コイル電流を必要に応じて制御してこの負の剛性に打ち消すことが出来るので、問題ではない。

【0050】図14の表から誘導できるように、100N/m以下の剛性をこれらの装置で達成でき、ある場合には、200N/m未満の剛性が可能である。バイアス力および剛性は、補助磁性部材の軸方向寸法およびその半径方向位置を選択することによって共に調整することができる。

【0051】これらの装置の用途には、リソグラフィー投影装置に於けるレチクルおよびウェーハ段階用短行程駆動装置として、また能動軸受システムとしての使用がある。この発明による装置は、隔離軸受として負荷の重量を、ベース電流による熱放散なしに、支持できるという有意義な利点を有する。しかし、電流は、制御および調整のために、または更なる負荷を支持するために、それでも加えることができる。図14の結果は、これらの装置の例が少なくとも40から100Nの範囲でバイアス力を提供できることを示す。典型的リソグラフィー投影装置では、ウェーハ段階の移動質量が約15kgの才

一ダかも知れず；そのような場合、三つのアクチュエータを（例えば）使用することができ、各々約50Nの重量（即ち、5kg）を補償する。

【0052】これらの装置のもう一つの注目すべき特性は、例えば、40から100Nの補償バイアス力を提供するときでも、それらが1000N/m以下の有効剛性を有し、ある場合には200N/m未満の剛性さえも持つことである。これは、同等の機械的アクチュエータまたは変換器で達成することは非常に困難であろう。これらの装置は、本質的に非常に大きな応諾（迎合性）（小さい剛性）の磁気軸受を構成する。

【0053】これらの装置の更なる用途は、ローレンツ・アクチュエータを別にして、速度変換器としてである。コイル担体部材20と磁石ヨーク10a、10bの間の速度差がコイルに比例起電力を発生させる。補助磁性部材によるバイアス力を使って、非常に小さい等価剛性でコイル担体部材20の重量を補償する。これは、この変換器に非常に低い共振振動数を与え、それを非常に低振動数までの速度を測るために使えるようになる。

【0054】〔実施例5〕図15は、この発明によるリソグラフィー投影装置を概略的に描く。この発明は：放射線の投影ビームPBを供給するための放射システムLA、Ex、IN、CO；マスクMA（例えば、レチクル）を保持するためのマスクホルダを備えるマスクテーブルMT；基板W（例えば、レジストを塗布したシリコンウェーハ）を保持するための基板ホルダを備える基板テーブルWT；マスクMAの照射した部分を基板Wの目標部分C（ダイ）上に結像するための投影システムPL（例えば、レンズ若しくは反射屈折光学系、ミラーグループまたは1組の電磁偏向器）；を含む。ここに描くように、この装置は透過性である；しかし、反射性部品を使う装置も構想することができる（例えば、EUV装置の場合のように）。

【0055】この放射システムは、放射線のビームを作る源LA（例えば、水銀灯若しくはエキシマレーザ、電子若しくはイオン源、または加速器によって作った粒子ビームの経路の周りに位置するビームウェイグラー（beam wiggler））を含む。このビームを種々の光学部品—例えば、ビーム成形光学素子Ex、積分器INおよびコンデンサCOーに通し、結果として生じたビームPBがほぼ平行でその断面全体に亘って均一な強度であるようになる。

【0056】次に、このビームPBは、マスクテーブルMT上のマスクホルダに保持されるマスクMAを横切る。このマスクMAを通過して（またはそれから反射されて）、ビームPBは、投影システムPLを通過し、そのシステムがこのビームPBを基板Wの目標領域C上に集束する。干渉計式変位および測定手段IFを使って、基板テーブルWTを、例えば、異なる目標領域CをビームPBの経路内に配置するように、正確に動かすことが

できる。

【0057】図示する装置は、二つの異なるモードで使用することができる：歩進モードでは、マスクテーブルMTを固定し、全マスクイメージを一度に（即ち、单一“フラッシュ”で）目標領域C上に投影する。次に、基板テーブルWTをXおよび/またはY方向に動かし、異なる目標領域Cが（静止）ビームPBによって照射され得るようにする。走査モードでは、与えられた目標領域Cを单一“フラッシュ”では露出しないことを除いて、本質的に同じシナリオを適用する。その代りに、マスクテーブルMTが速度レで与えられた方向（所謂“走査方向”、例えば、X方向）に可動であり、それで投影ビームPBがマスクイメージ上を走査させられ；それと共に、基板テーブルWTを同じまたは反対方向に速度V=Mレで同時に動かし、ここでMは、投影システムPLの倍率である（典型的にM=1/4または1/5）。この様にして、比較的大きい目標領域Cを解像度についての妥協を必要とせずに露出できる。

【0058】必要な精度を達成するため、および過度の摩耗を避けるために、マスクテーブルMTおよび基板テーブルWTは、ローレンツ・アクチュエータを使って、少なくとも自由度1に（および一般的には自由度6ほどにも）一般的に配置する。Z方向（即ち、基板テーブルWTの表面に垂直）には、そのようなローレンツ・アクチュエータがZ作動をするために必要でないだけでなく、作動するテーブルの重量を支持するために何か手段も工夫しなければならない。本発明によるアクチュエータは、そのような支持をそれ程熱放散する必要なしに達成できるようにし、それでこの用途で非常に有利である。

【0059】上にこの発明の特定の実施例を説明したが、この発明を説明した以外の方法で実施できることが分るだろう。

【0060】上記の請求項は、括弧で囲んで参照番号を付けた。これらの参照番号は、単に、理解度を増すように、読者を支援する目的で設け；それらは、請求項の範囲を何らかの方法で図面に描く特定の実施例に限定すると解釈すべきではない。

#### 【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の第1実施例を断面で示す。
- 【図2（a）】本発明の第2実施例を示す。
- 【図2（b）】本発明の第2実施例を示す。
- 【図3】本発明の第3実施例を示す。
- 【図4（a）】本発明の第2実施例の特定の例の寸法を与える。
- 【図4（b）】本発明の第3実施例の特定の例の寸法を

与える。

【図5（a）】本発明の第2実施例に関連する構成を有する更なる実施例を、計算した性能のグラフと共に示す。

【図5（b）】本発明の第2実施例に関連する構成を有する更なる実施例を、計算した性能のグラフと共に示す。

【図5（c）】本発明の第2実施例に関連する構成を有する更なる実施例を、計算した性能のグラフと共に示す。

【図5（d）】本発明の第2実施例に関連する構成を有する更なる実施例を、計算した性能のグラフと共に示す。

【図5（e）】本発明の第2実施例に関連する構成を有する更なる実施例を、計算した性能のグラフと共に示す。

【図5（f）】本発明の第2実施例に関連する構成を有する更なる実施例を、計算した性能のグラフと共に示す。

【図5（g）】本発明の第2実施例に関連する構成を有する更なる実施例を、計算した性能のグラフと共に示す。

【図6（a）】本発明の第3実施例と同じ形式の構成を有する更に他の実施例を、計算した性能を示すグラフと共に示す。

【図6（b）】本発明の第3実施例と同じ形式の構成を有する更に他の実施例を、計算した性能を示すグラフと共に示す。

【図7】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

【図8】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

【図9】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

【図10】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

【図11】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

【図12】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

【図13】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

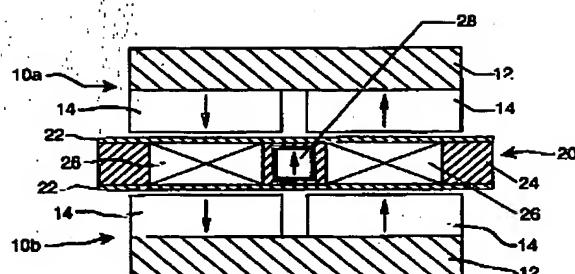
【図14】実施例で詳しく説明するデータの表を示す。

【図15】本発明によるアクチュエータを使うリソグラフィー投影装置の立面図を示す。

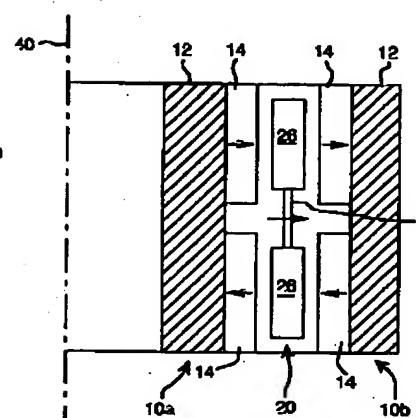
#### 【符号の説明】

- 10a 第1部材
- 10b 第3部材
- 14 主磁石
- 20 第2部材
- 26 電流要素
- 28 補助磁性部材

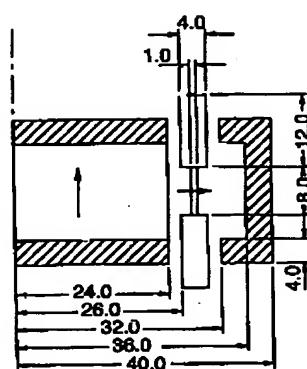
【図1】



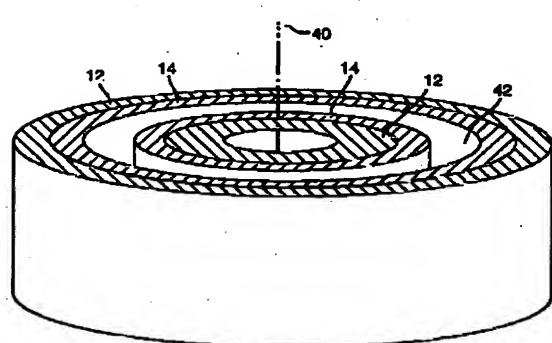
【図2 (a)】



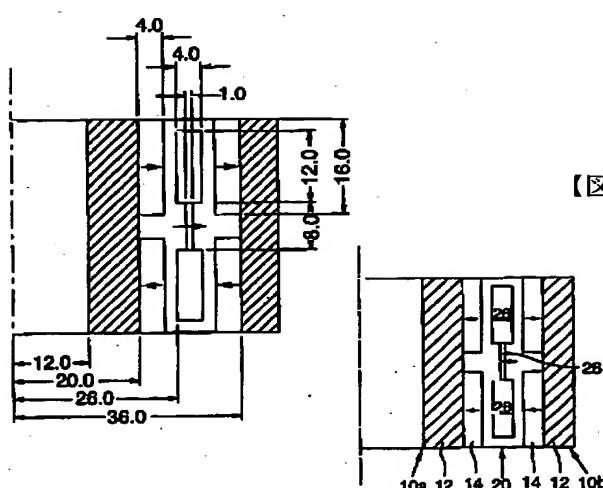
【図4 (b)】



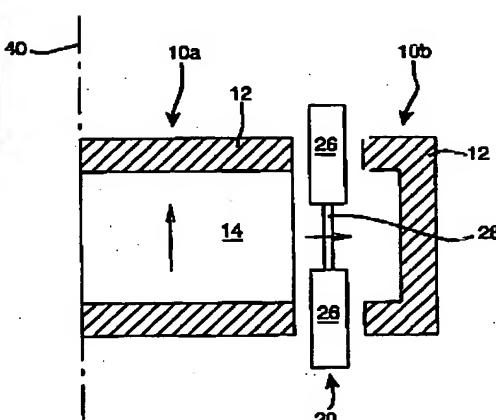
【図2 (b)】



【図4 (a)】



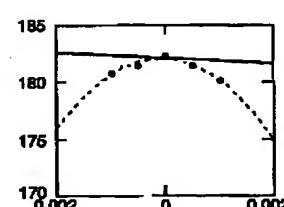
【図3】



【図9】

	$\Delta x$	$\Delta y$
$\Delta fx$	-74	243
$\Delta fy$	0	157
$t_z$	0	10

【図5 (a)】



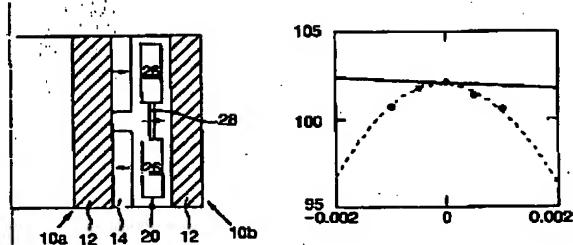
【図7】

	$t_x$	$t_y$	$t_z$
1	5.68	0.00	0.02
2	7.22	0.00	0.01
3	3.31	0.01	0.01
4	1.55	0.00	0.00

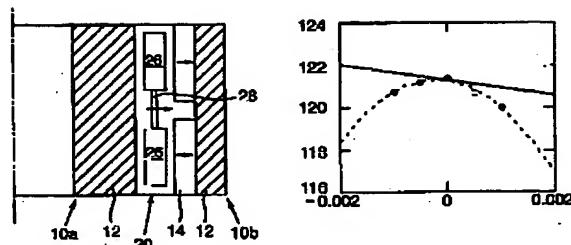
【図11】

	$\Delta x$	$\Delta y$
$\Delta fx$	-30	57
$\Delta fy$	0	257
$t_z$	0	22

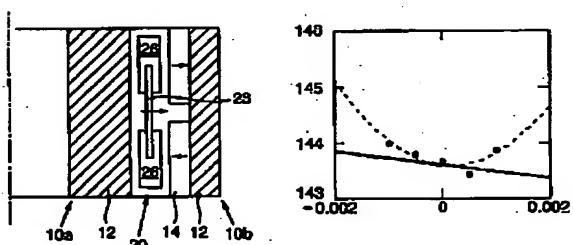
【図5 (b)】



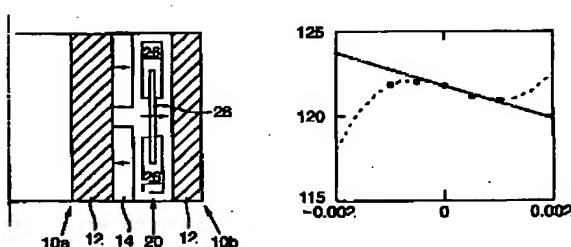
【図5 (c)】



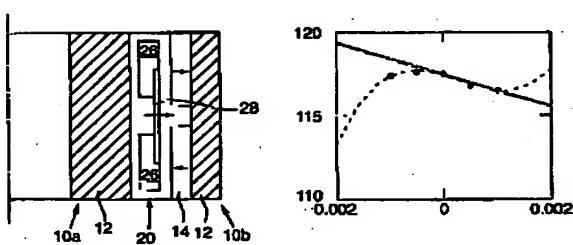
【図5 (d)】



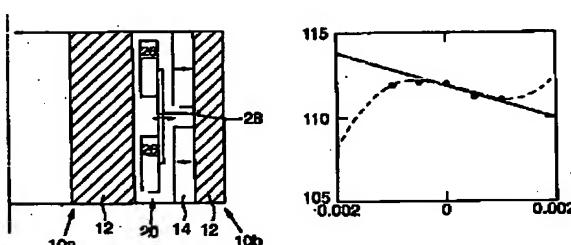
【図5 (e)】



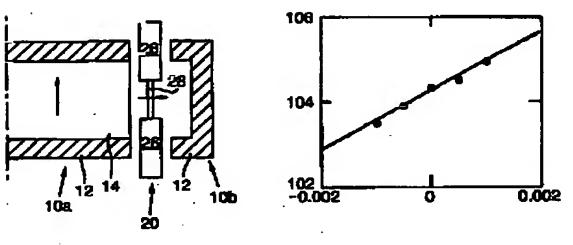
【図5 (f)】



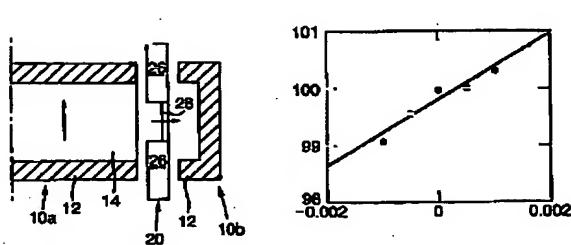
【図5 (g)】



【図6 (a)】



【図6 (b)】



【図13】

	$\Delta x$	$\Delta y$
$\Delta f_x$	-180	14
$\Delta f_y$	0	357
$t_2$	0	3.1

【図8】

$\Delta x$	$\Delta y$	$ix$	$iy$	$tz$
0.00	0.0	5.53	0.0	0.0
0.50	0.0	5.52	0.0	0.0
0.95	0.0	5.48	0.0	0.0
-0.95	0.0	5.46	0.0	0.0
-0.50	0.0	5.50	0.0	0.0
0.00	0.5	5.58	-0.01	-4.53
0.00	0.7	5.85	-0.06	-8.07
0.00	-0.7	5.70	0.11	7.00
0.00	-0.5	5.66	0.07	4.89

【図10】

$\Delta x$	$\Delta y$	$ix$	$iy$	$tz$
0.00	0.0	1.20	0.0	0.0
0.50	0.0	1.20	0.0	0.0
0.95	0.0	1.17	0.0	0.0
-0.95	0.0	1.21	0.0	0.0
-0.50	0.0	1.20	0.0	0.0
0.00	0.5	1.22	-0.10	-1.03
0.00	0.7	1.24	-0.18	-1.38
0.00	-0.7	1.22	0.12	1.53
0.00	-0.5	1.21	0.08	1.08

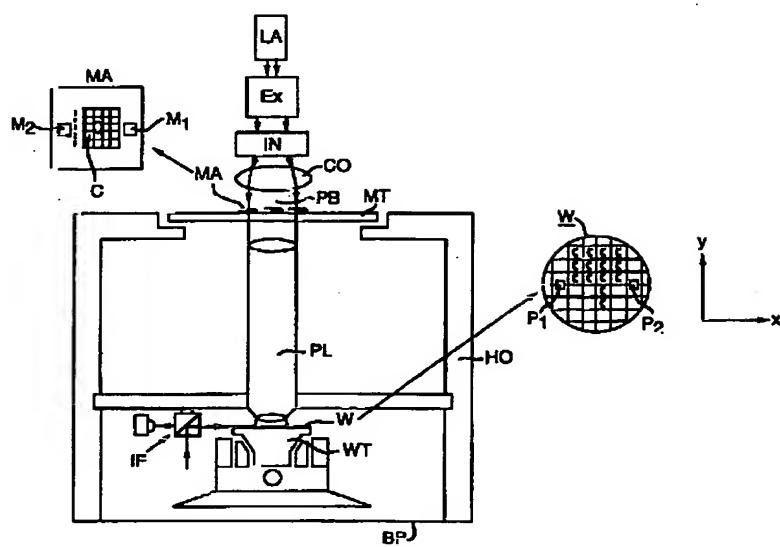
【図12】

$\Delta x$	$\Delta y$	$ix$	$iy$	$tz$
0.00	0.0	1.29	0.0	0.0
0.50	0.0	1.28	0.0	0.0
0.95	0.0	1.11	0.0	0.0
-0.95	0.0	1.37	0.0	0.0
-0.50	0.0	1.31	0.0	0.0
0.00	0.5	1.28	-0.10	-1.33
0.00	0.7	1.30	-0.18	-1.75
0.00	-0.7	1.31	0.25	2.14
0.00	-0.5	1.31	0.16	1.52

【図14】

■	T	PT	FL	FA	S
5(a)	I	182	79	103	0.25
5(b)	I	102	46	58	0.14
5(c)	I	121	53	68	0.37
5(d)	I	144	47	97	0.12
5(e)	I	122	40	82	1.00
5(f)	I	118	41	77	1.00
5(g)	I	112	35	77	0.88
6(a)	II	104	56	48	-0.58
6(u)	II	100	57	43	-0.69

【図15】



(12) 000-201471 (P2000-201471A)

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 02 N 15/00

識別記号

F I

H 01 L 21/30

(参考)

503 A